

PAT-NO: JP410340858A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10340858 A
TITLE: MANUFACTURING EQUIPMENT FOR ELECTRONIC DEVICE
PUBN-DATE: December 22, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MASHIMA, NORIYUKI

SAKAI, OSAMU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SHARP CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP09152303

APPL-DATE: June 10, 1997

INT-CL (IPC): H01L021/205, H01L021/3065

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing equipment for a high-frequency electronic device, capable of making a large area film or large area etching with a wide excitation high frequency range from RF to VHF.

SOLUTION: In a reaction chamber 6, an electrode (cathode electrode) 1 for high-frequency excitation is set at the lower part of the chamber, and an oppositely faced electrode (anode electrode) 2 is provided above the electrode 1. The facing electrode (anode electrode) 2 is connected to a ground 9, and the electrode (cathode electrode) 1 for high-frequency excitation is connected to a high-frequency power generator 4. A plasma generation space 30 is formed in a space between the facing electrode (anode electrode) 2, and a

BEST AVAILABLE COPY

ceiling wall

6c of the reaction chamber 6 and a substrate 40 to be processed is inserted in the plasma generation space 30.

COPYRIGHT: (C) 1998, JPO

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is plasma excitation chemical-vapor-deposition equipment (it is indicated as plasma-CVD equipment below.) used for the manufacture of semi-conductor thin films, such as a hydrogenation amorphous silicon (it is hereafter indicated as a-Si:H), or an insulator layer in electronic industry especially in more detail about an electron device manufacturing installation. It is related with an electron device manufacturing installation suitable as a plasma etching system used in order to process CVD:Chemical VaporDeposition or a semiconductor device, a liquid crystal display component, etc.

[0002] As everyone knows, the plasma-CVD equipment which plasma-excites, decomposes material gas and deposits a thin film from a gaseous phase is used today. Or contrary to forming a component, the etching system which processes a semiconductor device, a liquid crystal display component, etc. is used. These are equipment which manufactures an electron device for a metal membrane / semi-conductor film / dielectric film, or a crystal wafer, and are made to call these an electron device manufacturing installation generically on these specifications.

[0003]

[Description of the Prior Art] In such an electron device manufacturing installation, current and its many are put in practical use by making a radio wave (called 13.56MHz, RF, or RF HF) or microwave (2.45GHz, MW wave) into the excitation frequency of the power source for plasma production.

[0004] The frequency domain in the middle of [as an excitation frequency of the RF generator used from the energetic research in the latest plasma science on the other hand in order to generate the plasma] the two above-mentioned person (for example, called about 100MHz and a high RF VHF band.) It is shown clearly that VHF:Very HighFrequency;30-300MHz has the features which were experimentally [theoretically or] suitable for manufacture of an electron device. The following are mentioned as an example of such reference.

[0005] (a) "Frequency effects in silane plasmas for plasma enhancedchemical vapor deposition"J.Vac.Sci.Technol.A10(1992) p.1080-1085 A.A.Howling and others(b)"A computational investigation of the RF plasma structuresand their production efficiency in the frequency range fromHF toVHF" Plasma SourcesSci.Technol.2(1993) p.40-45 T.Kitamura and others(c)"Frequency effects in processing plasmas of It is the VHF band"Plasma SourcesSci.Technol.2 (1993) p.26-29S.Oda(d) JP,6-77144,A etc..

[0006] The point that a plasma consistency increases or is realized in proportion to the square of a frequency as features suitable for manufacture of an electron device by plasma potential with such a comparatively low high plasma consistency is mentioned.

[0007] The former features mean that the rate of film deposition increases in proportion to the square of a frequency, if they are plasma-CVD equipment, and if they are plasma dry etching systems, they are that an etch rate increases in proportion to the square of a frequency.

[0008] Moreover, the latter features are making it possible to stop low the damage ***** plasma

damage to the film or substrate by the ion kind in the plasma, though it is under such high-speed membrane formation and a high-speed etching condition.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in an electronic industrial field which is called the so-called giant microelectronics, such as a solar battery, a liquid crystal display component, etc. using an a-Si:H (hydrogenation amorphous silicon) system thin film, the dimensions of the substrate itself are 40cm - 60cm and a long picture, and the reaction chamber which can process two or more substrates like a parenthesis at once is becoming indispensable for high-throughput-izing of equipment. Moreover, in order for semiconductor fabrication machines and equipment to also realize a high throughput, it is very important to process many substrates at once.

[0010] Size of a reaction chamber is enlarged for such a reason, and it is important an equipment dimension, i.e., reaction space, and to more specifically enlarge the electrode dimension of the electrode for high-frequency excitation (generally downward cathode electrode) and a counterelectrode (generally upper anode electrode).

[0011] however, in what was indicated by the above-mentioned reference, reaction space is markedly boiled compared with the wavelength of the RF for plasma excitation currently used, and is small. That is, for example, reaction space is less than [about 10cm and it] to wavelength being set to 3m on the frequency of 100MHz.

[0012] For this reason, in an electronic industrial field which is called giant microelectronics, the present condition is having come to realize a suitable electron device manufacturing installation by enlarging reaction space.

[0013] according to this invention person's etc. view, it is considered to be based on the following reasons that reaction space is markedly boiled compared with the wavelength of the excitation power line period of a VHF band, and cannot be made small.

[0014] That is, if reaction space becomes comparable as the wavelength of the excitation power line period of a VHF band, the electromagnetic wave generated by this begins to have a property as a wave which spreads reaction space, and as a result of the electromagnetic-like change of the reactor resulting from this causing generation of the structurally complicated plasma, the control of the plasma itself will be considered to become impossible.

[0015] By the way, the approach of inserting the capacitive element for direct-current cutoff and the approach of adding the component for impedance adjustment to an electrode are learned as technique for trying control of the plasma generated by the RF of RF band.

[0016] The approach of the former which inserts the capacitive element for direct-current cutoff is indicated by (e)"Glow DischargeProcesses"John Wiley&Sons B(1980).Chapmann, for example.

Moreover, the approach of the latter which adds the component for impedance adjustment is indicated by (f) JP,58-145100,A (g) JP,6-61185,A.

[0017] In addition, in (e), the location which inserts the capacitive element for direct-current cutoff is usually outside the reactor which is separated from the electrode for high-frequency excitation (generally downward cathode electrode), and is two or more places of the electrode for high-frequency excitation (cathode electrode) by the approach indicated by JP,58-145100,A, and is between the counterelectrodes (anode electrode) and the touch-down potentials which counter with the electrode for high-frequency excitation (cathode electrode) by the approach indicated by JP,6-61185,A.

[0018] However, such technique remains for the ability applying to what aimed at control of the plasma production on condition of use of the RF of RF band, and when it applies to the electron device manufacturing installation using the RF of a VHF band, it cannot solve the above-mentioned technical problem. The reason is explained below.

[0019] Now, in the so-called capacity-coupling type of an parallel monotonous mold of electronic DEBASU manufacturing installation, reaction space or an electrode dimension explains [the electrode for high-frequency excitation (cathode electrode), and a counterelectrode (anode electrode)] taking the case of the large-sized equipment around 1m.

[0020] Drawing 5 is the sectional view showing the outline configuration of such a large-sized electron

device manufacturing installation. The counterelectrode which 2 sets [as opposed to / in 1 / the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode)] predetermined spacing, and counters in parallel in drawing 5 as opposed to the electrode for high-frequency excitation (cathode electrode) (anode electrode), The high-frequency power generation source to which 3 carries out two electrodes 1 and plasma generating space between two (inter-electrode space), and 4 carries out high-frequency excitation of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), The capacitive element for direct-current cutoff which consists of a capacitor by which 5 was inserted in the serial between the high-frequency power generation source 4 and the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), 6 is the gas inlet where a wrap reaction chamber and 7 had the capacitive element 5 for direct-current cutoff, and the high-frequency power generation source 4 formed in wrap casing, and 8 was formed in the upper part of side-attachment-wall 6a of a reaction chamber 6 in two electrodes 1 and 2. It is combined in [a reaction chamber 6 and casing 7] airtight, and bottom wall 6b of a reaction chamber 6 is connected to the gland 9. It connects in direct current to reaction chamber side-attachment-wall 6a, and as a result, a counterelectrode (anode electrode) 2 is connected to a gland 9, and the counterelectrode (anode electrode) 2 in the upper part serves as touch-down potential.

[0021] The substrate 40 which is a processing object is inserted in the plasma generating space 3 between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and a counterelectrode (anode electrode) 2, ingredient gas is supplied in a reaction chamber 6 from a gas inlet 8, the high-frequency power generation source 4 is driven, and high-frequency power is impressed through the capacitive element 5 for direct-current cutoff between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and a counterelectrode (anode electrode) 2. By this, the plasma is generated in two electrodes 1 and the plasma generating space 3 between two, plasma dissociation to ingredient gas is performed, if it is in plasma-CVD equipment, a thin film is deposited, or if it is in a plasma dry etching system, it etches.

[0022] When the frequency of an excitation RF is in RF band, it can be considered that the impedance between two electrodes 1 and 2 is a capacity component. In this case, the plasma is generated in two electrodes 1 and the plasma generating space 3 between two, and usual membrane formation and usual etching are possible.

[0023] However, an excitation RF will come to be tintured with the property of the electromagnetic wave to spread if a frequency becomes a VHF band. therefore, the conductor which encloses the plasma generating space 3 -- stray capacity CF which a group comes to have an induction component (inductance component (LG)) equivalent, and the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) has between the configuration walls of a reaction chamber 6 In between, a parallel resonance phenomenon will arise in a certain frequency.

[0024] In this case, since the impedance between two electrodes 1 and 2 becomes very large and it becomes being the same as that of the space which spreads to infinity equivalent, in two electrodes 1 and the plasma generating space 3 between two, generation of the plasma becomes difficult. That is, the plasma generating space 3 will be "no longer plasma generating space." In this case, suppose that the space between two electrodes 1 and 2 is called "inter-electrode space."

[0025] Although it will be necessary to control the impedance of the electrode 1 for high-frequency excitation to a touch-down potential part (cathode electrode) in order to cope with this problem, by the approach of inserting the capacitive element for direct-current cutoff which is the conventional control approach, or the approach given in JP,58-145100,A or JP,6-61185,A, correspondence is difficult.

[0026] That is, although the capacitive element 7 for direct-current cutoff which consists of a capacitor is inserted, since it is inserted in the high-frequency power generation source 4 and the serial, in view of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), control of the stray capacity value which poses a problem now cannot be performed.

[0027] Moreover, by the approach of JP,58-145100,A, the impedance of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) and an external circuit does not change in essence.

[0028] Moreover, since the component for impedance adjustment is attached in a counterelectrode (anode electrode) 2 side, the impedance of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode

electrode) is uncontrollable by the approach given in JP,6-61185,A.

[0029] If propagation of the RF of a VHF band is considered in the plasma-CVD equipment shown in drawing 5 when it explains now somewhat concretely, it is stray capacity CF. For $[C/V=F]$, it is mainly generated under the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and the inter-electrode space 3 between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) and a counterelectrode (anode electrode) 2 is an inductance LG equivalent. It becomes $[Wb/A=H]$.

[0030] Here, it is stray capacity CF. It is given by following the (2) formula.

[0031]

[Equation 2]

$$C_F = \epsilon \frac{S_1}{d} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、

ϵ : 誘電率 $[C/V \cdot m]$

S_1 : 高周波励起用電極 (カソード電極) と対向電極 (アノード電極) の対向面面積 $[m^2]$

d : 高周波励起用電極 (カソード電極) と対向電極 (アノード電極) の対向面間距離 $[m]$

[0032] Inductance LG In single ***** approximation, it is given by following the (3) formula.

[0033]

[Equation 3]

$$L_G = \frac{A \tan \frac{2 \pi f \cdot S_2}{c}}{2 \pi f} \dots\dots\dots (3)$$

ただし、

f : 励起高周波の周波数 $[1/s]$

S_2 : 電極間空間の電極面方向の長さ $[m]$

c : 光速 $[m/s]$

[0034] Moreover, the above-mentioned A is a constant expressed with following the (4) type.

[0035]

[Equation 4]

$$A = \frac{d}{W} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \dots\dots\dots (4)$$

ただし、

W : 電極幅 $[m]$

μ : 透磁率 $[Wb/A]$

[0036] Here, it is stray capacity CF so that drawing 5 may show. Inductance LG Since it is in a parallel connection condition between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and a touch-down part, the equal circuit is stray capacity CF. Inductance LG Resonance frequency f0 as which it becomes a parallel resonant circuit and a frequency f is expressed in following the (5) type Namely,

[0037]
[Equation 5]

$$f_0 = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_G \cdot C_F}} \dots\dots\dots (5)$$

[0038] ***** f0 When becoming, it will be in a parallel resonance condition and the impedance of two electrodes 1 and the inter-electrode space 3 between two will serve as infinity.

[0039] That is, the frequency f of the excitation RF to be used is this parallel resonating frequency f0. When it is above, the plasma production between two electrodes 1 and 2 cannot be expected. Therefore, film deposition does not take place to the substrate installed in two electrodes 1 and the inter-electrode space 3 between two.

[0040] When enlarging an equipment dimension, i.e., reaction space, for the above reason in the electron device manufacturing installation using the high frequency of the conventional VHF band, there was constraint. For this reason, the mass-production nature of an electron device was not able to be improved.

[0041] This invention is made in view of such the present condition. As a frequency for plasma excitation power sources Reaction space can be enlarged also when using the RF of a VHF band, since a plasma consistency has highly (**f2) the advantage that the rate of film deposition or etching also becomes quick (**f2) although a frequency is high therefore. In an electronic industrial field which is called the so-called giant microelectronics, such as a solar battery using an a-Si:H (hydrogenation amorphous silicon) system thin film, and a liquid crystal display component, as a result it aims at offering the electron device manufacturing installation which can boil the mass-production nature of these electron devices markedly, and can improve.

[0042] Though it is under high-speed membrane formation and a high-speed etching condition, other purposes of this invention can stop low the damage ***** plasma damage of the film by the ion kind in the plasma, or a substrate, and are to offer the electron device manufacturing installation which can improve the quality of an electron device.

[0043]

[Means for Solving the Problem] The electron device manufacturing installation concerning this invention introduces the gas for a reaction, such as etching gas for processing the ingredient gas or the substrate for making a thin film semiconductor etc. deposit into a substrate, in a reaction chamber with a gas installation means. It is made to raise high-frequency power by driving a high-frequency power generating means in the counterelectrode (anode electrode upper with the gestalt of operation mentioned later) which counters the electrode for high-frequency excitation (the gestalt of operation mentioned later downward cathode electrode) and this electrode for high-frequency excitation of series connection. The introduced gas for a reaction is understood by the plasma. At this time, the frequency of the excitation RF of a high-frequency power generating means may be set as a VHF band or RF band.

[0044] these people already perform the proposal which devised the solution in such an electron device manufacturing installation -- **** (refer to Japanese Patent Application No. No. 305359 [eight to]) -- here, another solution proposal is shown.

[0045] That is, it constitutes so that the space between the reaction chamber opposite wall surfaces (the gestalt of operation reaction chamber head-lining wall) which counter a counterelectrode (anode electrode upper with the gestalt of operation) and this counterelectrode may be used as plasma generating space. Therefore, if it is in this invention, let space between a counterelectrode (anode electrode) and a reaction chamber opposite wall surface (reaction chamber head-lining wall) be plasma

generating space. Thereby, the above-mentioned purpose is attained.

[0046] And the substrate which performs thin film deposition or processing shall be inserted in the plasma generating space between the reaction chamber opposite wall surfaces (the gestalt of operation reaction chamber head-lining wall) which counter a counterelectrode (anode electrode upper with the gestalt of operation), and this counterelectrode.

[0047] Moreover, a counterelectrode (anode electrode upper with the gestalt of operation) is preferably fixed with the structure which consists of a dielectric to the electrode for high-frequency excitation (the gestalt of operation downward cathode electrode), or a reaction chamber wall surface.

[0048] Moreover, it is [desirable / the electrode for high-frequency excitation (the gestalt of operation downward cathode electrode) or this electrode for high-frequency excitation, and] stray capacity CF to the part which has the part which is in same electric potential in direct current in a reaction chamber wall surface or touch-down potential. The component for impedance adjustment is inserted in the location which becomes parallel connection.

[0049] Moreover, it is said stray capacity CF which exists the component for impedance adjustment equivalent in the frequency of the excitation RF of the electrode for high-frequency excitation (the gestalt of operation downward cathode electrode) preferably. It receives and inserts in the part it can be considered in this frequency that is juxtaposition equivalent.

[0050] Moreover, it is capacity CC about the component for impedance adjustment preferably. It carries out and is stray capacity CF about this capacity CC. It receives, and magnitude C of a whole capacity when carrying out parallel connection is set up so that the conditions of following the (6) type may be fulfilled.

[0051]

[Equation 6]

$$C > \frac{1}{L_G (2 \pi f)^2} \dots\dots\dots (6)$$

ただし、

L_G : 高周波励起用電極（実施の形態では下方のカソード電極）とこの高周波励起用電極に対向する接地電位にある対向電極（実施の形態では上方のアノード電極）等の部位との間に等価的に存在する誘導成分の大きさ

π : 円周率

f : 励起高周波の周波数

[0052] Below, an operation of this invention is explained.

[0053] Generally, when the frequency f of an excitation RF rises, all conductors begin to have a capacity component to a touch-down part. That is, it is possible that a capacity component arises and a stray capacity component changes also by the part which was able to be disregarded in direct current in the case of disregard or RF band RF. For this reason, when a frequency changes, in consideration of the newly produced stray capacity component, it will be necessary to catch a parallel resonance phenomenon. Moreover, inductance L_G Since it is expressed in periodic function to a frequency as mentioned above (refer to (3) types; expressed by the tangent), a parallel resonance phenomenon is produced on many frequencies. For example, when a parallel resonance phenomenon arises in 40MHz, 80MHz, 120MHz, or at least 160MHz of parallel resonance phenomena arise.

[0054] However, if it takes into consideration that an equipment dimension (reaction space) is around

1m when actually considering membrane formation of the solar battery for power by plasma-CVD equipment etc., when using the RF of a VHF band, it is the low degree f_0 , i.e., the primary parallel resonating frequency, most. It becomes a problem. for example, the case where an equipment dimension is 1.6m angle (1.6mx1.6m) -- inductance L_G about 0.02-0.05 microhenries -- becoming -- stray capacity C_F several 100- the value of thousands of pF -- taking -- primary parallel resonating frequency f_0 It is about set to 40-100MHz. In addition, this primary parallel resonating frequency f_0 It goes into the VHF band (30-300MHz).

[0055] This invention does not tend to generate the plasma in the inter-electrode space between the electrode for high-frequency excitation (the gestalt of operation downward cathode electrode), and a counterelectrode (anode electrode upper with the gestalt of operation). Since the frequency of an excitation RF became a VHF band, it comes to be tintured with the property of the electromagnetic wave which an excitation RF spreads. As the result It is going to use the phenomenon which the plasma comes to produce between the reaction chamber opposite wall surfaces (the gestalt of operation reaction chamber head-lining wall) which counter a counterelectrode (anode electrode) and this counterelectrode.

[0056] In such a case, in order to make the space between a counterelectrode (anode electrode) and a reaction chamber opposite wall surface (reaction chamber head-lining wall) generate the plasma and to use this space as plasma generating space if it puts in another way, it is the primary parallel resonating frequency f_0 . Setting to a low frequency side is more desirable than the frequency band of an excitation RF.

[0057] And in order to satisfy this condition, it is the capacity C_C for impedance adjustment. Stray capacity C_F It is necessary to set up the magnitude of the whole capacity C when carrying out parallel connection as follows.

[0058] That is, it is [0059], when the above-mentioned (5) formula is transformed and the equal sign is rewritten at a greater than sign.

[Equation 7]

$$f_0 < \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_G \cdot C_F}} \dots\dots\dots (7)$$

[0060] It is [0061] when this is transformed.

[Equation 8]

$$C_F > \frac{1}{L_G (2 \pi f)^2} \dots\dots\dots (8)$$

[0062] It becomes.

[0063] Here, it is C_F . Capacity C_C for impedance adjustment by which parallel connection was carried out instead Stray capacity C_F The whole capacity C is used. The whole capacity C is [0064].

[Equation 9]

$$C = C_F + C_C \dots\dots\dots (9)$$

[0065] Although it comes out, it is C_F of (8) types. It transposes to C and is [0066].

[Equation 10]

$$C > \frac{1}{L_G (2 \pi f)^2} \dots\dots\dots (10)$$

[0067] ** -- it is necessary to set up like

[0068] This (10) type is the same as (1) type in a claim.

[0069] It is stray capacity C_F so that it may specifically explain in drawing 3 concerning the gestalt 2 of operation as an example later. It receives and is the capacity C_C for impedance adjustment. When it

inserts in juxtaposition, it is a parallel resonating frequency f_0 . It is expressed with following the (11) type.

[0070]

[Equation 11]

$$f_0 = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_G (C_F + C_C)}} \dots\dots\dots (11)$$

[0071] Therefore, it is the primary parallel resonating frequency f_0 from the frequency of an excitation RF. It is the capacity value CC of the component for impedance adjustment so that it may become low. If it selects, the plasma can be made to generate good in the plasma generating space between a counterelectrode (anode electrode) and a reaction chamber opposite wall surface (reaction chamber head-lining wall).

[0072] moreover, capacity CC of the component for impedance adjustment though it be under high-speed membrane formation and a high-speed etching condition by define suitably a value and the frequency f of the excitation high frequency of the high-frequency power generation source 4, it can be possible to stop low the damage ***** plasma damage of the film by the ion kind in a plasma or a substrate, and the quality of an electron device can be improve.

[0073]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of concrete operation of the electron device manufacturing installation concerning this invention is explained to a detail based on a drawing.

[0074] (Gestalt 1 of operation) Drawing 1 is the sectional view showing the outline configuration of the electron device manufacturing installation concerning the gestalt 1 of operation of this invention. This electron device manufacturing installation is used as plasma-CVD equipment.

[0075] As shown in drawing 1, the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) is arranged in the lower part in the reaction chamber 6 which makes the shape of a cross-section rectangle, and the counterelectrode (anode electrode) 2 is arranged in the condition of countering in parallel above the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode).

[0076] Opening of the center section of the longitudinal direction of reaction chamber bottom wall 6b is carried out, and the caudad frequency adjustable high-frequency power generation source 4 of this opening is arranged. The capacitative element 5 (electrostatic capacity CB) for direct-current cutoff which consists of a capacitor between the high-frequency power generation source 4 and the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) is connected to the serial. The capacitative element 5 for direct-current cutoff is covered with the casing 7 which consists of a conductor, and this casing 7 has prevented leaking out of equipment [electromagnetic wave]. A reaction chamber 6, casing 7, and the high-frequency power generation source 4 are connected with touch-down potential. In addition, it changes an upper part into a reduced pressure condition from the broken line shown in the capacitative element 5 bottom for direct-current cutoff, and the downward part is in the condition of atmospheric pressure. Casing 7 points out a downward part from said broken line.

[0077] Reaction chamber bottom wall 6b is connected to the gland 9. It connects in direct current to reaction chamber side-attachment-wall 6a, and as a result, a counterelectrode (anode electrode) 2 is connected to a gland 9, and the counterelectrode (anode electrode) 2 in the upper part serves as touch-down potential (grand level).

[0078] Moreover, opening of the gas inlet 8 is carried out to the part of the up approach of side-attachment-wall 6a of a reaction chamber 6, and ingredient gas is introduced in a reaction chamber 6 through this gas inlet 8. There is dilution gas besides material gas as ingredient gas.

[0079] Moreover, if it is in this plasma-CVD equipment, the space 30 between a counterelectrode (anode electrode) 2 and head-lining wall 6c of a reaction chamber 6 consists of greatly inter-electrode space 3 between a counterelectrode (anode electrode) 2 and the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and this space 30 is the plasma generating space 30. Therefore, the substrate 40 which is the processing object of thin film deposition is inserted to the plasma generating space 30

between this counterelectrode (anode electrode) 2 and reaction chamber head-lining wall 6c.

[0080] In addition, in the case of the gestalt 1 of this operation, two electrodes 1 and the inter-electrode space 3 between two are spatially connected to the upper plasma generating space 30.

[0081] Here, if an example of an equipment dimension is explained, in the electrode surface and the parallel cross section, the dimension of a reaction chamber 6 is 1.6m x 1.6m. The dimension of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) and a counterelectrode (anode electrode) 2 is 70cm angle. The distance between opposed faces of 50mm, a counterelectrode (anode electrode) 2, and reaction chamber head-lining wall 6c of the distance between opposed faces of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) and a counterelectrode (anode electrode) 2 is 90mm. Moreover, stray capacity CF formed between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and reaction chamber bottom wall 6b The value is 800pF.

[0082] Moreover, as a high-frequency power generation source 4, the RF generator and the matching circuit are attached and the serial variable capacitor (20-1000pF) in a matching circuit is used as a capacitor which constitutes the capacitive element 5 (electrostatic capacity CB) for direct-current cutoff.

[0083] The mixed gas of a silane and hydrogen is used as ingredient gas supplied from a gas inlet 8.

[0084] The substrate 40 which is a processing object is inserted in the plasma generating space 30 between a counterelectrode (anode electrode) 2 and reaction chamber head-lining wall 6c, ingredient gas is supplied in a reaction chamber 6 from a gas inlet 8, the high-frequency power generation source 4 is driven, and high-frequency power is impressed to the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) through the capacitive element 5 for direct-current cutoff. If the frequency f of an excitation RF is set as the VHF band at this time, it comes to be tintured with the property of the electromagnetic wave which an excitation RF spreads, and by this, the plasma will be generated in the plasma generating space 30 between a counterelectrode (anode electrode) 2 and reaction chamber head-lining wall 6c, plasma dissociation to ingredient gas will be performed, and a thin film will be deposited to a substrate 40.

[0085] In addition, in the inter-electrode space 3 between a counterelectrode (anode electrode) 2 and the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), the plasma hardly occurs.

[0086] Drawing 2 shows frequency dependent [of magnitude |Z| of the impedance of a before / a counterelectrode (anode electrode) 2 / from the electrode 1 for high-frequency excitation in the plasma-CVD equipment of the gestalt 1 of this operation shown in drawing 1 (cathode electrode)].

[0087] It is the primary parallel resonating frequency f0 in the place whose frequency f of an excitation RF is about 45MHz as shown in this drawing. The parallel resonance phenomenon to depend is observed. For this reason, when high-frequency power was actually introduced in equipment from the frequency adjustable high-frequency power generation source 4, a frequency did not generate the plasma above 40MHz in the inter-electrode space 3 between a counterelectrode (anode electrode) 2 and the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), but the plasma generated in the plasma generating space 30 between the upper counterelectrode (anode electrode) 2 and reaction chamber head-lining wall 6c.

[0088] Therefore, primary parallel resonating frequency f0 On the above frequency, conventionally which inserts a substrate in the inter-electrode space 3, with equipment, since the substrate 40 is inserted in the substrate with the plasma-CVD equipment of the gestalt 1 of this operation to the ability not to cause film deposition in the upper plasma generating space 30, film deposition in a substrate 40 is attained.

[0089] Thus, according to the plasma-CVD equipment of the gestalt 1 of this operation, it is the primary parallel resonating frequency f0. That is, generation of the plasma is attained in spite of being parallel monotonous mold large-sized equipment before and behind electrode dimension the angle of 1m, even if it is in the VHF band of frequency band about 45MHz or more. Therefore, RF-izing of the excitation RF electromagnetic field in fields, such as a solar battery and a liquid crystal display component, and large area-ization of a membrane formation substrate can be attained.

[0090] In addition, although the above-mentioned explanation explained the case where the electron

device manufacturing installation concerning this invention was applied to plasma-CVD equipment, it can apply also about the plasma dry etching system into which plasma particles and the active species by plasma excitation etch the film, and the same effectiveness as the above can be done so.

[0091] Moreover, although the electrode 1 located caudad was used as the electrode for high-frequency excitation (cathode electrode) in the gestalt 1 of the above-mentioned operation, and it connected with the high-frequency power generation source 4 and connected with touch-down potential by using as a counterelectrode (anode electrode) the electrode 2 located up. This invention is not limited to this, may connect to the high-frequency power generation source 4 the electrode 2 located up, and may connect to touch-down potential the electrode 1 located caudad. In this case, the electrode 2 connected to the high-frequency power generation source 4 is called the electrode for high-frequency excitation (cathode electrode), this serves as an electrode for high-frequency excitation, the electrode 1 connected to touch-down potential is called a counterelectrode (anode electrode), and this serves as a counterelectrode. Furthermore, in addition, or or the cathode electrode called an anode electrode in which electrode is arbitrary.

[0092] (Gestalt 2 of operation) Drawing 3 is the sectional view showing the outline configuration of the electron device manufacturing installation concerning the gestalt 2 of operation of this invention. The sign same about the part which is common in drawing 1 which also applies the electron device manufacturing installation of the gestalt 2 of this operation to plasma-CVD equipment, and it requires for the gestalt 1 of operation is attached, and it omits about concrete explanation.

[0093] In the gestalt 2 of this operation, only the following points differ in the gestalt 1 of the above-mentioned implementation. That is, it is the stray capacity CF of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) about the component 10 (electrostatic capacity CC) for impedance adjustment which becomes the inferior surface of tongue of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) from a capacitor as shown in drawing 3. The configuration inserted in juxtaposition is taken.

[0094] Electrostatic capacity CC of the component 10 for impedance adjustment at this time The value is set as 2000pF.

[0095] (9) types are used for the above-mentioned (11) types, and they are [0096].

[Equation 12]

$$f_0 = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_G \cdot C}} \dots\dots\dots (12)$$

[0097] It is rewritten.

[0098] (a) They are 40MHz and an inductance LG about the frequency f of the excitation RF of the high-frequency power generation source 4. It may be 0.02 microhenries. Stray capacity CF between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and a gland 9 It may be 800pF. (6) The left part of a formula is [0099] from (9) types.

[Equation 13]

$$C = 2.8 \times 10^{-10} \text{ [F]} \dots\dots\dots (13)$$

[0100] (6) The right-hand side of a formula, i.e., (10) types, is about 7.9×10^{-10} . It is set to [F] and is [0101].

[Equation 14]

$$C = 2.8 \times 10^{-10} > 7.9 \times 10^{-10} \dots\dots\dots (14)$$

[0102] To be sure, (6) types and (10) types are filled. At this time, it is [0103] from (11) types.

[Equation 15]

$$f_0 \approx 21.3 \text{ [MHz]} < 40 \text{ [MHz]} = f \dots\dots\dots (15)$$

[0104] A next door and primary parallel resonating frequency f0 It is low and generation of the plasma

in the plasma generating space 30 is more possible than the frequency of $f=40\text{MHz}$ of an excitation RF. [0105] (b) Moreover, inductance LG When referred to as 0.05 microhenries, the right-hand side of (6) types, i.e., (10) types, is about 3.2×10^{-10} . It is set to [F] and is [0106].

[Equation 16]

$$C = 2.8 \times 10^{-10} > 3.2 \times 10^{-10} \dots\dots\dots (16)$$

[0107] To be sure, (6) types and (10) types are filled. At this time, it is [0108] from (11) types.

[Equation 17]

$$f_0 \approx 13.5 [\text{MHz}] < 40 [\text{MHz}] = f \dots\dots\dots (17)$$

[0109] A next door and primary parallel resonating frequency f_0 It is low and generation of the plasma in the plasma generating space 30 is more possible than the frequency of $f=40\text{MHz}$ of an excitation RF.

[0110] (c) Next, calculate the frequency f of the excitation RF of the high-frequency power generation source 4 as 100MHz.

[0111] The right-hand side of (10) types is about 0.63×10^{-10} at the time of inductance LG =0.02microhenry. It is set to [F] and is [0112].

[Equation 18]

$$C = 2.8 \times 10^{-10} > 0.63 \times 10^{-10} \dots\dots\dots (18)$$

[0113] To be sure, (6) types and (10) types are filled. At this time, it is [0114] from (11) types.

[Equation 19]

$$f_0 \approx 21.3 [\text{MHz}] < 100 [\text{MHz}] = f \dots\dots\dots (19)$$

[0115] A next door and primary parallel resonating frequency f_0 It is low and generation of the plasma in the plasma generating space 30 is more possible than the frequency of $f=100\text{MHz}$ of an excitation RF.

[0116] (d) Moreover, the right-hand side of (10) types is about 0.13×10^{-10} at the time of inductance LG =0.05microhenry. It is set to [F] and is [0117].

[Equation 20]

$$C = 2.8 \times 10^{-10} > 0.13 \times 10^{-10} \dots\dots\dots (20)$$

[0118] To be sure, (10) types are filled. At this time, it is [0119] from (11) types.

[Equation 21]

$$f_0 \approx 13.5 [\text{MHz}] < 100 [\text{MHz}] = f \dots\dots\dots (21)$$

[0120] A next door and parallel resonating frequency f_0 It is low and generation of the plasma in the plasma generating space 30 is more possible than the frequency of $f=100\text{MHz}$ of an excitation RF.

[0121] When high-frequency power was actually introduced in equipment from the frequency adjustable high-frequency power generation source 4, generation of the plasma in the plasma generating space 30 was possible on the frequency of 27-100MHz. 30-300MHz is a VHF band, and 30MHz or less 27-30MHz becomes RF band.

[0122] In addition, capacity CC of the component 10 for impedance adjustment If a value is set up suitably, it will be the primary parallel resonating frequency f_0 . It becomes possible to set up even RF band (nearly 10MHz) easily.

[0123] Thus, according to the plasma-CVD equipment of the gestalt 2 of this operation, it is the primary parallel resonating frequency f_0 . Since it can set to a low frequency side easily from the frequency band of an excitation RF, excitation of the RF of all the fields from RF band to a VHF band can be enabled.

[0124] As mentioned above, also in the plasma-CVD equipment of the gestalt 2 of this operation, the same effectiveness as the case of the gestalt 1 of the above-mentioned implementation can be done so. In addition, most, when using it with RF band, the effectiveness of high-speed membrane formation and

high-speed etching can seldom be expected.

[0125] In addition, although the capacitor constitutes the component 10 (electrostatic capacity CC) for impedance adjustment from the gestalt 2 of this operation, control of a parallel resonating frequency is possible also except a capacitor.

[0126] For example, it can attain also by inserting a dielectric between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and reaction chamber bottom wall 6b. That is, it is because it is equivalent to inserting the component 10 (electrostatic capacity CC) for impedance adjustment as a RF also in this case. The inductance of the dielectric in this case is $LC = 1/CC$ equivalent. It becomes. According to the gestalt of implementation of this deformation, it is effective especially when the space which can insert a capacitor does not exist in the perimeter of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode). It is because it is easy to insert the dielectric rather than a capacitor.

[0127] Moreover, although the above-mentioned explanation explained the case where the electron device manufacturing installation concerning this invention was applied to plasma-CVD equipment, it can apply also about the plasma dry etching system into which plasma particles and the active species by plasma excitation etch the film, and the same effectiveness as the above can be done so.

[0128] Moreover, also in the gestalt 2 of the above-mentioned operation, the electrode 2 in the gestalt 1 of operation which is written in addition and which is located up may be connected to the high-frequency power generation source 4 like, and the electrode 1 located caudad may be connected to touch-down potential.

[0129] (Gestalt 3 of operation) Drawing 4 is the sectional view showing the outline configuration of the electron device manufacturing installation concerning the gestalt 3 of operation of this invention. The electron device manufacturing installation of the gestalt 3 of this operation is also applied to plasma-CVD equipment, and only the following points differ in the gestalten 1 and 2 of the above-mentioned implementation.

[0130] Namely, although the counterelectrode (anode electrode) 2 is electrically grounded by reaction chamber side-attachment-wall 6a and the potential serves as a grand level with the gestalten 1 and 2 of operation As shown in drawing 4, with the gestalt 3 of this operation, between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and a counterelectrode (anode electrode) 2 50mm in thickness Since the dielectric 11 (refer to hatching of a dotted line) of specific inductive capacity 3.0 [non dimension] is inserted and the counterelectrode (anode electrode) 2 is fixed to the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), it is not grounded. In addition, the same sign is attached about the part which is common in the gestalten 1 and 2 of operation, and it omits about concrete explanation.

[0131] Since space does not exist between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and a counterelectrode (anode electrode) 2, although the effectiveness (power consumed by the plasma; high-frequency power introduced from the high-frequency power generation source 4) of plasma production falls with the gestalt 3 of this operation, it is the primary parallel resonating frequency f_0 . The plasma production in the plasma generating space 30 becomes possible also on the following frequencies. When high-frequency power was actually introduced in equipment from the frequency adjustable high-frequency power generation source 4, generation of the plasma in the plasma generating space 30 was possible on the frequency of 10-100MHz.

[0132] Therefore, it sets to the plasma-CVD equipment of the gestalt 3 of this operation, and is the primary parallel resonating frequency f_0 . The same effectiveness as the case of the gestalt 1 of the above-mentioned implementation can be done so also with the frequency band of the following excitation RFs.

[0133] In addition, since the inter-electrode space 3 between the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) and a counterelectrode (anode electrode) 2 is filled with the dielectric 11, Although this inter-electrode space 3 does not exist (it is a solid), therefore a substrate 40 cannot be inserted in this inter-electrode space 3 What is necessary is not to insert a substrate 40 in the location and just to insert a substrate 40 in the plasma generating space 30 between a counterelectrode (anode electrode) 2 and reaction chamber head-lining wall 6c.

[0134] In addition, in fixing a counterelectrode (anode electrode upper with the gestalt of operation) 2

through a dielectric 11, it may replace with fixing to the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and a counterelectrode (anode electrode) 2 may be fixed through a dielectric 11 to the wall surface of a reaction chamber 6.

[0135] Moreover, although the above-mentioned explanation explained the case where the electron device manufacturing installation concerning this invention was applied to plasma-CVD equipment, it can apply also about the plasma dry etching system into which plasma particles and the active species by plasma excitation etch the film, and the same effectiveness as the above can be done so.

[0136] Moreover, also in the gestalt 2 of the above-mentioned operation, the electrode 2 in the gestalt 1 of operation which is written in addition and which is located up may be connected to the high-frequency power generation source 4 like, and the electrode 1 located caudad may be connected to touch-down potential.

[0137] in addition, the above -- also in the gestalt of which operation, it is very good in the configuration which arranges the pair of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and a counterelectrode (anode electrode upper with the gestalt of operation) 2 in two or more pairs and the same reaction chamber 6.

[0138] moreover, the above -- stray capacity CF set as the object of an idea also in the gestalt of which operation It regards as stray capacity to the part which has the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) in the wall surface or touch-down potential of a reaction chamber 6, and also you may regard as stray capacity to the part which has the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode), and the part which is in same electric potential in direct current in the wall surface or the touch-down potential of a reaction chamber 6.

[0139] moreover, the above -- said stray capacity CF in which the capacity 10 for impedance adjustment exists equivalent also in the gestalt of which operation in the frequency of the excitation RF of the electrode 1 for high-frequency excitation (cathode electrode) the part it receives and it can be considered in this frequency that is juxtaposition equivalent -- also inserting -- it is the same.

[0140]

[Effect of the Invention] According to the electron device manufacturing installation concerning this invention, the following effectiveness is done so.

[0141] Since the frequency of the excitation RF more than a parallel resonating frequency can be used, in the large frequency range ranging from RF band to a VHF band, the plasma production in parallel monotonous mold large-sized equipment (for example, before or after 1m angle) with a comparatively big electrode dimension becomes possible. Therefore, the place which enables RF-izing of the excitation RF electromagnetic field in the field of giant microelectronics, such as a solar battery and a liquid crystal display component, and large area-ization of a membrane formation substrate, and contributes to the upgrading industrially is large. Moreover, the manufacture effectiveness can be improved by leaps and bounds.

[0142] Moreover, though it is under high-speed membrane formation and a high-speed etching condition, the damage ***** plasma damage of the film by the ion kind in the plasma or a substrate can be stopped low, and the quality of an electron device can be improved.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-340858

(43)公開日 平成10年(1998)12月22日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/205
21/3065

識別記号

F I

H 0 1 L 21/205
21/302

B

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平9-152303

(22)出願日 平成9年(1997)6月10日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 真嶋 訓志

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72)発明者 酒井 道

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

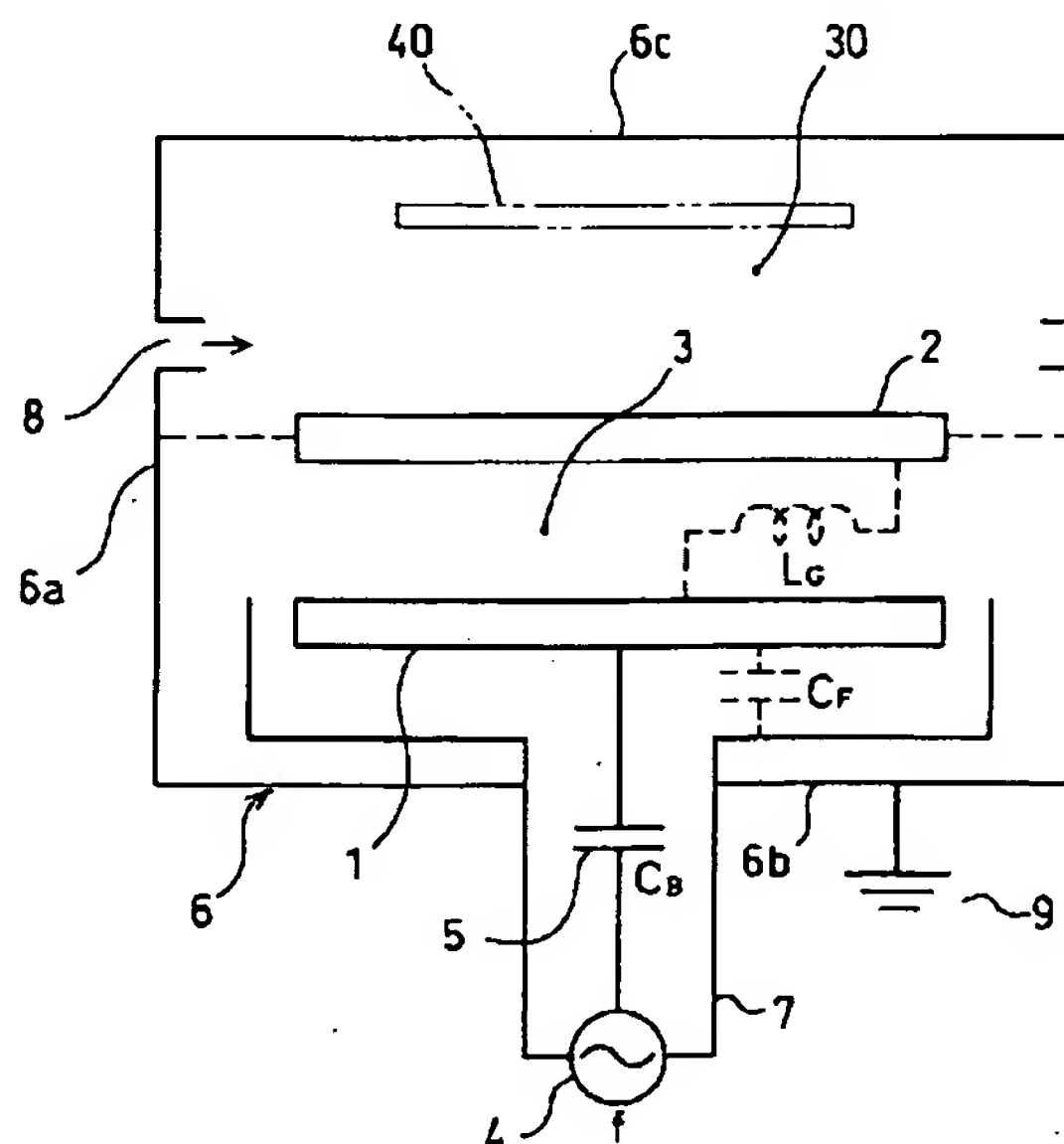
(74)代理人 弁理士 岡田 和秀

(54)【発明の名称】 電子デバイス製造装置

(57)【要約】

【課題】 励起高周波の周波数がRF帯からVHF帯の広範囲にわたる場合に、大面積成膜あるいは大面積エッチングを可能とする高周波の電子デバイス製造装置を提供する。

【解決手段】 反応室6内において、その下部に高周波励起用電極(カソード電極)1を配置し、その上方に対向させて平行に対向電極(アノード電極)2を配置する。対向電極(アノード電極)2はグラウンド9に接続し、高周波励起用電極(カソード電極)1は高周波電力発生源4に接続する。対向電極(アノード電極)2と反応室6の天井壁6cとの間の空間をプラズマ発生空間30とし、このプラズマ発生空間30に処理対象の基板40を挿入する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板に薄膜半導体等を堆積させるための材料ガスあるいは基板を加工するためのエッチングガス等の反応用ガスを反応室に導入するガス導入手段と、この反応用ガスをプラズマ分解するための高周波電力を発生する高周波電力発生手段と、この高周波電力発生手段に直列接続された高周波励起用電極およびこの高周波励起用電極に対向する対向電極を少なくとも1対備えた電子デバイス製造装置であって、前記高周波電力発生手段の励起高周波の周波数をVHF帯またはRF帯に設定したときに、前記対向電極とこの対向電極に対向する反応室対向壁面との間の空間をプラズマ発生空間として利用するように構成したことを特徴とする電子デバイス製造装置。

【請求項2】 薄膜半導体等の堆積あるいは加工を行う基板を、対向電極とこの対向電極に対向する反応室対向壁面との間のプラズマ発生空間に挿入するように構成してあることを特徴とする請求項1に記載の電子デバイス製造装置。

【請求項3】 対向電極を高周波励起用電極または反応室壁面に対して誘電体からなる構造物で固定したことを*

$$C > \frac{1}{L_G (2\pi f)^2} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、

LG : 高周波励起用電極とこの高周波励起用電極に対向する接地電位にある対向電極等の部位との間に等価的に存在する誘導成分の大きさ
 π : 円周率
 f : 励起高周波の周波数

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子デバイス製造装置に関し、より詳しくは、特に、電子産業における水素化アモルファスシリコン（以下、a-Si:Hと記載する）等の半導体薄膜や絶縁膜の製造に用いられるプラズマ励起化学気相成長装置（以下プラズマCVD装置と記載する。CVD: Chemical Vapor Deposition）、あるいは半導体素子や液晶表示素子等を加工するために用いられるプラズマエッチング装置などとして好適な電子デバイス製造装置に関する。

【0002】周知のとおり、今日、原料ガスをプラズマ励起・分解して気相から薄膜を堆積するプラズマCVD装置が使われている。あるいは、素子を形成するのとは逆に、半導体素子や液晶表示素子等を加工するエッチング装置が使われている。これらは、金属膜/半導体膜/誘電体膜あるいは結晶ウェハー等を対象として電子デバ

*特徴とする請求項1または請求項2に記載の電子デバイス製造装置。

【請求項4】 高周波励起用電極またはこの高周波励起用電極と直流的に同電位にある部位が反応室壁面または接地電位にある部位に対してもつ浮遊容量C_Fと並列接続になる位置にインピーダンス調整用素子を挿入したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の電子デバイス製造装置。

【請求項5】 インピーダンス調整用素子を高周波励起用電極の励起高周波の周波数において等価的に存在する前記浮遊容量C_Fに対して、この周波数において等価的に並列とみなせる部位に挿入したことを特徴とする請求項4に記載の電子デバイス製造装置。

【請求項6】 インピーダンス調整用素子を容量C_Cとし、この容量C_Cを浮遊容量C_Fに対して並列接続したときの全体の容量の大きさCが、下記(1)式の条件を満たすように設定されていることを特徴とする請求項1から請求項5までのいずれかに記載の電子デバイス製造装置。

【数1】

※イスを製造する装置であって、本明細書では、これらを総称して電子デバイス製造装置と呼ぶことにする。

【0003】

【従来の技術】このような電子デバイス製造装置においては、現在、その多くが、ラジオ波(13.56MHz、RFあるいは高周波HFと呼ばれる)か、あるいはマイクロ波(2.45GHz、MW波)を、プラズマ生成のための電源の励起周波数とすることにより実用化されている。

【0004】一方、最近のプラズマ科学における精力的な研究から、プラズマを生成するために用いられる高周波電源の励起周波数として、上記二者の中間の周波数領域(例えば100MHz程度、高高周波VHF帯と呼ばれる。VHF: Very High Frequency; 30~300MHz)が、理論的にも実験的にも電子デバイスの製造に適した特長を有することが明らかにされつつある。そのような文献の例として、以下のものが挙げられる。

【0005】(a) "Frequency effects in silane plasmas for plasma enhanced chemical vapor deposition" J. Vac. Sci. Technol. A 10(1992)p.1080-1085 A. A. Howling and others

(b) "A computational investigation of the RF plasma structures and their production efficiency in the frequency range from HF to VHF" Plasma Sources Sci. Technol. 2(1993)p.40-45 T. Kitamura and others

(c) "Frequency effects in processing plasmas of the VHF band" Plasma Sources Sci. Technol. 2(1993) p.26-29 S. Oda

(d) 特開平6-77144号公報などである。

【0006】電子デバイスの製造に適した特長として、プラズマ密度は周波数の2乗に比例して増加する、あるいはこのような高いプラズマ密度が比較的低いプラズマポテンシャルによって実現される、といった点が挙げられる。

【0007】前者の特長は、プラズマCVD装置であれば膜堆積の速度が周波数の2乗に比例して増加することを意味し、またプラズマドライエッチング装置であればエッチング速度が周波数の2乗に比例して増加することである。

【0008】また、後者の特長は、このような高速成膜・高速エッチング条件下でありながら、プラズマ中のイオン種による膜あるいは基板への損傷いわゆるプラズマダメージを低く抑えることを可能とするということである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、a-Si:H(水素化アモルファスシリコン)系薄膜を用いた太陽電池や液晶表示素子などいわゆるジャイアントマイクロエレクトロニクスと呼ばれるような電子産業分野では、基板そのものの寸法が、例えば40cm~60cmと長尺であり、かつこのような基板を複数枚一度に処理できる反応室が、装置の高スループット化のためには不可欠となってきた。また、半導体製造装置でも高いスループットを実現するためには多数の基板を一度に処理することが非常に重要である。

【0010】このような理由により、反応室のサイズを大きくし、装置寸法、すなわち反応空間、より具体的には高周波励起用電極(一般的には下方のカソード電極)および対向電極(一般的には上方のアノード電極)の電極寸法を大きくすることが重要である。

【0011】しかしながら、上記の文献に記載されたものでは、反応空間は使用しているプラズマ励起用高周波の波長に比べて格段に小さくなっている。すなわち、例えば、周波数100MHzでは波長は3mとなるのに対し、反応空間は10cm程度かそれ以下である。

【0012】このため、ジャイアントマイクロエレクト

ロニクスと呼ばれるような電子産業分野において、反応空間を大きくすることにより、好適な電子デバイス製造装置を実現するには至っていないのが現状である。

【0013】本発明者等の所見によれば、反応空間をVHF帯の励起電源周波数の波長に比べて格段に小さくせざる得ないのは、以下の理由によると考えられる。

【0014】すなわち、反応空間がVHF帯の励起電源周波数の波長と同程度になると、これにより生成される電磁波は反応空間を伝搬する波としての特性をもち始め、これに起因する反応装置の電磁気的変化が構造的に複雑なプラズマの生成を招くことになる結果、プラズマの制御そのものが不可能になると考えられる。

【0015】ところで、RF帯の高周波により生成されたプラズマの制御を試みるための手法として、直流遮断用容量素子を挿入する方法や電極にインピーダンス調整用の素子を付加する方法が知られている。

【0016】直流遮断用容量素子を挿入する前者の方法については、例えば、

(e) "Glow Discharge Processes" John Wiley & Sons (1980)

B. Chapmann

に記載されている。また、インピーダンス調整用素子を付加する後者の方法については、

(f) 特開昭58-145100号公報

(g) 特開平6-61185号公報

に記載されている。

【0017】なお、(e)では直流遮断用容量素子を挿入する位置は通常、高周波励起用電極(一般的には下方のカソード電極)から離れた反応装置外であり、特開昭58-145100号公報に記載された方法では高周波励起用電極(カソード電極)の複数箇所であり、また特開平6-61185号公報に記載された方法では高周波励起用電極(カソード電極)と対向する対向電極(アノード電極)と接地電位との間である。

【0018】しかし、このような手法はRF帯の高周波の利用を前提としたプラズマ生成の制御を目指したものに適用できるとはとどまり、VHF帯の高周波を利用した電子デバイス製造装置に適用した場合には、上記課題を解決することはできない。以下にその理由を説明する。

【0019】いま、高周波励起用電極(カソード電極)および対向電極(アノード電極)が平行平板型のいわゆる容量結合型の電子デバイス製造装置において、反応空間あるいは電極寸法が1m前後の大型装置を例にとって説明する。

【0020】図5はそのような大型の電子デバイス製造装置の概略構成を示す断面図である。図5において、1は高周波励起用電極(カソード電極)、2は高周波励起用電極(カソード電極)1に対して所定間隔をおいて平行に対向する対向電極(アノード電極)、3は両電極1, 2間のプラズマ発生空間(電極間空間)、4は高周

波励起用電極（カソード電極）1を高周波励起する高周波電力発生源、5は高周波電力発生源4と高周波励起用電極（カソード電極）1との間に直列に挿入されたコンデンサからなる直流遮断用容量素子、6は両電極1、2を覆う反応室、7は直流遮断用容量素子5と高周波電力発生源4とを覆うケーシング、8は反応室6の側壁6aの上部に形成されたガス導入口である。反応室6とケーシング7とは気密的に結合されており、反応室6の底壁6bはグランド9に接続されている。上部にある対向電極（アノード電極）2は反応室側壁6aに対して直流的に接続されており、結果として、対向電極（アノード電極）2はグランド9に接続され、接地電位となっている。

【0021】高周波励起用電極（カソード電極）1と対向電極（アノード電極）2との間のプラズマ発生空間3に処理対象である基板40を挿入し、ガス導入口8から反応室6内に材料ガスを供給し、高周波電力発生源4を駆動して、直流遮断用容量素子5を介して高周波励起用電極（カソード電極）1と対向電極（アノード電極）2との間に高周波電力を印加する。これにより、両電極1、2間のプラズマ発生空間3においてプラズマを生成し、材料ガスに対するプラズマ解離を行い、プラズマCVD装置にあっては薄膜の堆積を行い、あるいはプラズマドライエッチング装置にあってはエッチングを行う。

【0022】励起高周波の周波数がRF帯にある場合には、両電極1、2間のインピーダンスは容量成分とみなせる。この場合、両電極1、2間のプラズマ発生空間3でプラズマが生成され、通常の成膜やエッチングが可能である。

【0023】しかしながら、周波数がVHF帯になると、励起高周波は伝搬する電磁波の特性を帯びようになる。したがって、プラズマ発生空間3を取り囲む導体群が等価的に誘導成分（インダクタンス成分（ L_g ））をもつようになり、高周波励起用電極（カソード電極）1が反応室6の構成壁との間にもつ浮遊容量 C_F との間で、ある周波数において並列共振現象が生じてしまう。

【0024】この場合、両電極1、2間のインピーダンス*

$$C_F = \epsilon \frac{S_1}{d} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、

ϵ : 誘電率 [$C/V \cdot m$]

S_1 : 高周波励起用電極（カソード電極）と対向電極（アノード電極）の対向面面積 [m^2]

d : 高周波励起用電極（カソード電極）と対向電極（アノード電極）の対向面間距離 [m]

* スは非常に大きくなり、等価的に無限に広がる空間と同様となるため、両電極1、2間のプラズマ発生空間3においてプラズマの生成が困難になる。すなわち、プラズマ発生空間3は「プラズマ発生空間」ではなくなってしまふ。この場合には、両電極1、2間の空間を「電極間空間」と称することとする。

【0025】この問題に対処するためには、接地電位部位に対する高周波励起用電極（カソード電極）1のインピーダンスを制御する必要があるが、従来の制御方法である直流遮断用容量素子を挿入する方法、あるいは特開昭58-145100号公報や特開平6-61185号公報に記載の方法では対応困難である。

【0026】すなわち、コンデンサからなる直流遮断用容量素子7を挿入するものの、高周波励起用電極（カソード電極）1からみて高周波電力発生源4と直列に挿入されているため、いま問題となっている浮遊容量値の制御は行えない。

【0027】また、特開昭58-145100号公報の方法では本質的に高周波励起用電極（カソード電極）1と外部回路とのインピーダンスは変化しない。

【0028】また、特開平6-61185号公報に記載の方法では、対向電極（アノード電極）2側にインピーダンス調整用素子を取り付けるため、高周波励起用電極（カソード電極）1のインピーダンスを制御することはできない。

【0029】いまだし具体的に説明すると、図5に示すプラズマCVD装置において、VHF帯の高周波の伝搬を考えると、浮遊容量 C_F [$C/V=F$]は主に高周波励起用電極（カソード電極）1下において生じ、また、高周波励起用電極（カソード電極）1と対向電極（アノード電極）2との間の電極間空間3が等価的にインダクタンス L_g [$Wb/A=H$]となる。

【0030】ここで、浮遊容量 C_F は下記（2）式で与えられる。

【0031】

【数2】

【0032】インダクタンス L_g は単路導波管近似の場合※50※合、下記（3）式で与えられる。

【0033】

$$L_G = \frac{A \tan \frac{2\pi f \cdot S_2}{c}}{2\pi f} \dots\dots\dots (3)$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{ただし、} \\ f : \text{励起高周波の周波数 [1/s]} \\ S_2 : \text{電極間空間の電極面方向の長さ [m]} \\ c : \text{光速 [m/s]} \end{array} \right]$$

【0034】また、上記のAは下記(4)式で表される定数である。 ※【0035】
※ 【数4】

$$A = \frac{d}{W} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \dots\dots\dots (4)$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{ただし、} \\ W : \text{電極幅 [m]} \\ \mu : \text{透磁率 [Wb/A]} \end{array} \right]$$

【0036】ここで、図5から分かるように、浮遊容量 C_F とインダクタンス L_G は高周波励起用電極(カソード電極)1と接地部位との間で並列接続状態にあるため、その等価回路は、浮遊容量 C_F とインダクタンス L ★

★ G との並列共振回路となり、周波数 f が下記(5)式で表される共振周波数 f_0 すなわち、

【0037】

【数5】

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_G \cdot C_F}} \dots\dots\dots (5)$$

【0038】の共振周波数 f_0 となる場合、並列共振状態となり、両電極1, 2間の電極間空間3のインピーダンスが無限大となる。

【0039】つまり、使用する励起高周波の周波数 f がこの並列共振周波数 f_0 以上の場合、両電極1, 2間でのプラズマ生成は期待できない。したがって、両電極1, 2間の電極間空間3に設置された基板には膜堆積は起こらない。

【0040】以上の理由により、従来のVHF帯の高周波を利用した電子デバイス製造装置においては、装置寸法すなわち反応空間を大きくする上で制約があった。このため、電子デバイスの量産性を向上することができなかった。

【0041】本発明はこのような現状に鑑みてなされたものであり、プラズマ励起電源用の周波数として、周波数が高いがゆえにプラズマ密度が高く($\propto f^2$)、膜堆積あるいはエッチングの速度も速くなる($\propto f^2$)という利点をもつことからVHF帯の高周波を使用する場合にも反応空間を大きくすることができ、結果的に、例え

☆ば $a\text{-Si:H}$ (水素化アモルファスシリコン)系薄膜を用いた太陽電池や液晶表示素子等のいわゆるジャイアントマイクロエレクトロニクスと呼ばれるような電子産業分野において、これらの電子デバイスの量産性を格段に向上することができる電子デバイス製造装置を提供することを目的とする。

【0042】本発明の他の目的は、高速成膜・高速エッチング条件下でありながら、プラズマ中のイオン種による膜あるいは基板の損傷いわゆるプラズマダメージを低く抑えることが可能で、電子デバイスの品質を向上することができる電子デバイス製造装置を提供することにある。

【0043】

【課題を解決するための手段】本発明に係る電子デバイス製造装置は、基板に薄膜半導体等を堆積させるための材料ガスあるいは基板を加工するためのエッチングガス等の反应用ガスをガス導入手段により反応室内に導入し、高周波電力発生手段を駆動することにより、それに直列接続の高周波励起用電極(後述する実施の形態では

下方のカソード電極)およびこの高周波励起用電極に対向する対向電極(後述する実施の形態では上方のアノード電極)において高周波電力を起こさせ、導入した反応用ガスをプラズマ分解する。このときに、高周波電力発生手段の励起高周波の周波数をVHF帯またはRF帯に設定してもよいのである。

【0044】本出願人は、このような電子デバイス製造装置において、既に、解決策を講じた提案を行っている(特願平8-305359号参照)が、ここでは、別の解決案を提示するものである。

【0045】すなわち、対向電極(実施の形態では上方のアノード電極)とこの対向電極に対向する反応室対向壁面(実施の形態では反応室天井壁)との間の空間をプラズマ発生空間として利用するように構成したものである。したがって、本発明にあつては、対向電極(アノード電極)と反応室対向壁面(反応室天井壁)との間の空間をプラズマ発生空間とする。これにより、上記目的が達成される。

【0046】そして、薄膜堆積あるいは加工を行う基板を、対向電極(実施の形態では上方のアノード電極)とこの対向電極に対向する反応室対向壁面(実施の形態では反応室天井壁)との間のプラズマ発生空間に挿入する*

*ものとする。

【0047】また、好ましくは、対向電極(実施の形態では上方のアノード電極)を高周波励起用電極(実施の形態では下方のカソード電極)または反応室壁面に対して誘電体からなる構造物で固定する。

【0048】また、好ましくは、高周波励起用電極(実施の形態では下方のカソード電極)またはこの高周波励起用電極と直流的に同電位にある部位が反応室壁面または接地電位にある部位に対してもつ浮遊容量 C_F と並列接続になる位置にインピーダンス調整用素子を挿入する。

【0049】また、好ましくは、インピーダンス調整用素子を高周波励起用電極(実施の形態では下方のカソード電極)の励起高周波の周波数において等価的に存在する前記浮遊容量 C_F に対して、この周波数において等価的に並列とみなせる部位に挿入する。

【0050】また、好ましくは、インピーダンス調整用素子を容量 C_C とし、この容量 C_C を浮遊容量 C_F に対して並列接続したときの全体の容量の大きさ C が、下記(6)式の条件を満たすように設定されている。

【0051】

【数6】

$$C > \frac{1}{L_G (2\pi f)^2} \dots\dots\dots (6)$$

ただし、

L_G : 高周波励起用電極(実施の形態では下方のカソード電極)とこの高周波励起用電極に対向する接地電位にある対向電極(実施の形態では上方のアノード電極)等の部位との間に等価的に存在する誘導成分の大きさ

π : 円周率

f : 励起高周波の周波数

【0052】以下に、本発明の作用を説明する。

【0053】一般に、励起高周波の周波数 f が上昇すると、あらゆる導体が接地部位に対して容量成分をもち始める。すなわち、直流的に無視あるいはRF帯高周波の場合に無視することができた部位でも容量成分が生じ、浮遊容量成分が変化することが考えられる。このため周波数が増加することにより新たに生じた浮遊容量成分を考慮し、並列共振現象をとらえる必要が生じてくる。また、インダクタンス L_G は上記のように周波数に対して周期関数的に表現されるため((3)式参照;タンゼントで表現されている)、並列共振現象は多数の周波数で生じる。例えば、40MHzで並列共振現象が生じたときは、80MHzでも120MHzでも160MHzで※50

※も並列共振現象が生じる。

【0054】しかし、実際にプラズマCVD装置による電力用太陽電池等の成膜を考える場合、装置寸法(反応空間)が1m前後であることを勘案すると、VHF帯の高周波を用いるときには、一番低次すなわち1次の並列共振周波数 f_0 が問題となる。例えば、装置寸法が1.6m角(1.6m×1.6m)の場合、インダクタンス L_G は約0.02~0.05 μ Hとなり、浮遊容量 C_F は数百~数千pFの値をとり、1次の並列共振周波数 f_0 はおおよそ40~100MHzとなる。なお、この1次の並列共振周波数 f_0 はVHF帯(30~300MHz)に入っている。

【0055】本発明は、高周波励起用電極(実施の形態

11

では下方のカソード電極)と対向電極(実施の形態では上方のアノード電極)との間の電極間空間においてプラズマを発生させようとするのではなく、励起高周波の周波数がVHF帯になったことから、励起高周波が伝搬する電磁波の特性を帯びるようになり、その結果として、対向電極(アノード電極)とこの対向電極に対向する反応室対向壁面(実施の形態では反応室天井壁)との間でプラズマが生じるようになる現象を利用しようとするものである。

【0056】このような場合に、対向電極(アノード電極)と反応室対向壁面(反応室天井壁)との間の空間にプラズマを生成させるためには、換言すれば、この空間*

$$f_0 < \frac{1}{2\pi\sqrt{L_G \cdot C_F}} \dots\dots\dots (7)$$

【0060】これを变形すると、

【0061】

$$C_F > \frac{1}{L_G (2\pi f)^2} \dots\dots\dots (8)$$

【0062】となる。

【0063】ここで、 C_F の代わりに、並列接続されたインピーダンス調整用容量 C_C と浮遊容量 C_F との全体★

$$C = C_F + C_C \dots\dots\dots (9)$$

【0065】であるが、(8)式の C_F を C に置き換えて、

$$C > \frac{1}{L_G (2\pi f)^2} \dots\dots\dots (10)$$

【0067】のように設定する必要がある。

【0068】この(10)式は請求項での(1)式と同じである。

【0069】具体的には、一例として、例えばあとで実施の形態2に係る図3において説明するように、浮遊容◆

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_G (C_F + C_C)}} \dots\dots\dots (11)$$

【0071】したがって、励起高周波の周波数より1次の並列共振周波数 f_0 が低くなるようにインピーダンス調整用素子の容量値 C_C を選定すれば、対向電極(アノード電極)と反応室対向壁面(反応室天井壁)との間のプラズマ発生空間において良好にプラズマを生成させることができる。

【0072】また、インピーダンス調整用素子の容量 C_C の値や高周波電力発生源4の励起高周波の周波数 f を適当に定めることにより、高速成膜・高速エッチング条件下でありながら、プラズマ中のイオン種による膜あるいは基板の損傷いわゆるプラズマダメージを低く抑えることが可能で、電子デバイスの品質を向上することがで* 50

12

*をプラズマ発生空間として利用するには、1次の並列共振周波数 f_0 を励起高周波の周波数帯より低周波側に設定することが望ましい。

【0057】そして、この条件を満足するためには、インピーダンス調整用容量 C_C と浮遊容量 C_F とを並列接続したときの全体の容量 C の大きさを次のように設定する必要がある。

【0058】すなわち、上記(5)式を变形して、その等号を不等号に書き換えると、

【0059】

【数7】

※【数8】

※

★の容量 C を用いる。全体の容量 C は、

【0064】

【数9】

☆【0066】

☆【数10】

◆量 C_F に対してインピーダンス調整用容量 C_C を並列に挿入した場合、並列共振周波数 f_0 は下記(11)式で表されるものになる。

【0070】

【数11】

*きる。

【0073】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る電子デバイス製造装置の具体的な実施の形態について、図面に基づいて詳細に説明する。

【0074】(実施の形態1)図1は本発明の実施の形態1に係る電子デバイス製造装置の概略構成を示す断面図である。この電子デバイス製造装置は、プラズマCVD装置として使用されるものである。

【0075】図1に示すように、断面長形状をなす反応室6内において、その下部に高周波励起用電極(カソード電極)1を配置し、高周波励起用電極(カソード電

極) 1の上方に平行に対向する状態に対向電極(アノード電極) 2を配置してある。

【0076】反応室底壁6bの左右方向の中央部は開口されており、この開口部の下方に、周波数可変の高周波電力発生源4が配設されている。高周波電力発生源4と高周波励起用電極(カソード電極) 1との間にはコンデンサからなる直流遮断用容量素子5(静電容量 C_B)が直列に接続されている。直流遮断用容量素子5は導体からなるケーシング7によって覆われており、このケーシング7は電磁波が装置外へ漏れるのを防いでいる。反応室6、ケーシング7および高周波電力発生源4は接地電位で接続されている。なお、直流遮断用容量素子5の上側に示す破線より上方の部分が減圧状態にされ、下方の部分が大気圧の状態となっている。ケーシング7は、前記破線より下方の部分を指す。

【0077】反応室底壁6bはグランド9に接続されている。上部にある対向電極(アノード電極) 2は反応室側壁6aに対して直流的に接続されており、結果として、対向電極(アノード電極) 2はグランド9に接続され、接地電位(グランドレベル)となっている。

【0078】また、反応室6の側壁6aの上部寄りの部分にはガス導入口8が開口されており、このガス導入口8を介して反応室6内に材料ガスが導入されるようになっている。材料ガスとしては、原料ガスのほか希釈ガスがある。

【0079】また、このプラズマCVD装置にあっては、対向電極(アノード電極) 2と反応室6の天井壁6cとの間の空間30が、対向電極(アノード電極) 2と高周波励起用電極(カソード電極) 1との間の電極間空間3よりも大きく構成されており、この空間30がプラズマ発生空間30となっている。したがって、この対向電極(アノード電極) 2と反応室天井壁6cとの間のプラズマ発生空間30に対して、薄膜堆積の処理対象である基板40を挿入するようになっている。

【0080】なお、本実施の形態1の場合には、両電極1、2間の電極間空間3が上方のプラズマ発生空間30に対して空間的につながっている。

【0081】ここで、装置寸法の一例を説明すると、電極面と平行方向の断面において、反応室6の寸法は1.6m×1.6mになっている。高周波励起用電極(カソード電極) 1および対向電極(アノード電極) 2の寸法は70cm角である。高周波励起用電極(カソード電極) 1と対向電極(アノード電極) 2との対向面間距離は50mm、対向電極(アノード電極) 2と反応室天井壁6cとの対向面間距離は90mmである。また、高周波励起用電極(カソード電極) 1と反応室底壁6bとの間に形成される浮遊容量 C_F の値は800pFとなっている。

【0082】また、高周波電力発生源4としては、高周波電源と整合回路を取り付けており、直流遮断用容量素

子5(静電容量 C_B)を構成するコンデンサとしては、整合回路内の直列可変コンデンサ(20~1000pF)を使用している。

【0083】ガス導入口8から供給する材料ガスとしては、シランと水素の混合ガスを用いる。

【0084】対向電極(アノード電極) 2と反応室天井壁6cとの間のプラズマ発生空間30に処理対象である基板40を挿入し、ガス導入口8から反応室6内に材料ガスを供給し、高周波電力発生源4を駆動して、直流遮断用容量素子5を介して高周波励起用電極(カソード電極) 1に高周波電力を印加する。このとき、励起高周波の周波数 f をVHF帯に設定しておく、励起高周波が伝搬する電磁波の特性を帯びるようになり、このことにより、対向電極(アノード電極) 2と反応室天井壁6cとの間のプラズマ発生空間30においてプラズマを生成し、材料ガスに対するプラズマ解離を行い、基板40に対して薄膜の堆積を行う。

【0085】なお、対向電極(アノード電極) 2と高周波励起用電極(カソード電極) 1との間の電極間空間3においては、ほとんどプラズマが発生しない。

【0086】図2は図1に示す本実施の形態1のプラズマCVD装置における高周波励起用電極(カソード電極) 1から対向電極(アノード電極) 2までの間のインピーダンスの大きさ $|Z|$ の周波数依存性を示す。

【0087】同図から分かるように、励起高周波の周波数 f が約45MHzのところで1次の並列共振周波数 f_0 による並列共振現象が観測されている。このため、実際に周波数可変の高周波電力発生源4から高周波電力を装置内に導入すると、周波数が40MHz以上では、対向電極(アノード電極) 2と高周波励起用電極(カソード電極) 1との間の電極間空間3においてはプラズマは生成せず、上側の対向電極(アノード電極) 2と反応室天井壁6cとの間のプラズマ発生空間30においてプラズマが生成した。

【0088】したがって、1次の並列共振周波数 f_0 以上の周波数では、電極間空間3に基板を挿入する従来装置では基板に膜堆積を起こすことができないのに対し、本実施の形態1のプラズマCVD装置では上方のプラズマ発生空間30に基板40を挿入するようになっているため、基板40への膜堆積が可能になる。

【0089】このように、本実施の形態1のプラズマCVD装置によれば、1次の並列共振周波数 f_0 すなわち約45MHz以上の周波数帯のVHF帯にあっても、電極寸法1m角前後の平行平板型大型装置であるにもかかわらず、プラズマの生成が可能になる。したがって、太陽電池、液晶表示素子等の分野での励起高周波電磁界の高周波化、成膜基板の大面積化を図ることができる。

【0090】なお、上記の説明では本発明に係る電子デバイス製造装置をプラズマCVD装置に適用する場合について説明したが、プラズマ粒子およびプラズマ励起に

よる活性種が膜をエッチングするプラズマドライエッチング装置についても適用でき、上記同様の効果を奏することができる。

【0091】また、上記の実施の形態1においては、下方に位置する電極1を高周波励起用電極（カソード電極）として高周波電力発生源4に接続し、上方に位置する電極2を対向電極（アノード電極）として接地電位に接続したが、本発明はこれに限定されるものではなく、上方に位置する電極2を高周波電力発生源4に接続し、下方に位置する電極1を接地電位に接続してもよい。この場合に、高周波電力発生源4に接続される電極2が高周波励起用電極（カソード電極）と呼ばれ、これが高周波励起用電極となり、接地電位に接続される電極1が対向電極（アノード電極）とよばれ、これが対向電極となる。さらに、なお、いずれの電極をアノード電極というかカソード電極というかは任意である。

【0092】（実施の形態2）図3は本発明の実施の形*

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_G \cdot C}} \dots\dots\dots (12)$$

【0097】と書き換えられる。

【0098】（a）高周波電力発生源4の励起高周波の周波数 f を例えば40MHz、インダクタンス L_G を0.02 μ Hとする。高周波励起用電極（カソード電

$$C = 28 \times 10^{-10} \text{ [F]} \dots\dots\dots (13)$$

【0100】（6）式すなわち（10）式の右辺は、約7.9 $\times 10^{-10}$ [F]となり、

$$C = 28 \times 10^{-10} > 7.9 \times 10^{-10} \dots\dots\dots (14)$$

【0102】より、確かに、（6）式、（10）式を満たしている。このとき、（11）式より、

$$f_0 \approx 21.3 \text{ [MHz]} < 40 \text{ [MHz]} = f \dots\dots\dots (15)$$

【0104】となり、1次の並列共振周波数 f_0 は励起高周波の周波数 $f=40$ MHzより低くなっている、プラズマ発生空間30でのプラズマの生成が可能である。

【0105】（b）また、インダクタンス L_G を0.0

$$C = 28 \times 10^{-10} > 3.2 \times 10^{-10} \dots\dots\dots (16)$$

【0107】より、確かに、（6）式、（10）式を満たしている。このとき、（11）式より、

$$f_0 \approx 13.5 \text{ [MHz]} < 40 \text{ [MHz]} = f \dots\dots\dots (17)$$

【0109】となり、1次の並列共振周波数 f_0 は励起高周波の周波数 $f=40$ MHzより低くなっている、プラズマ発生空間30でのプラズマの生成が可能である。

【0110】（c）次に、高周波電力発生源4の励起高周波の周波数 f を例えば100MHzとして計算してみる。

※50

*態2に係る電子デバイス製造装置の概略構成を示す断面図である。本実施の形態2の電子デバイス製造装置もプラズマCVD装置に適用したものであり、実施の形態1に係る図1と共通する部分については同一の符号を付し、具体的な説明については省略する。

【0093】本実施の形態2においては、上記実施の形態1とは、以下の点のみが異なっている。すなわち、図3に示すように、高周波励起用電極（カソード電極）1の下面にコンデンサからなるインピーダンス調整用素子10（静電容量 C_c ）を高周波励起用電極（カソード電極）1の浮遊容量 C_f と並列に挿入した構成をとっている。

【0094】このときのインピーダンス調整用素子10の静電容量 C_c の値は、2000pFに設定してある。

【0095】上記の（11）式は、（9）式を用いて、

【0096】

【数12】

※極1とグランド9との間の浮遊容量 C_f を800pFとする。（6）式の左辺は、（9）式より、

【0099】

【数13】

★【0101】

★【数14】

☆【0103】

☆【数15】

◆5 μ Hとしたときは、（6）式すなわち（10）式の右辺は、約3.2 $\times 10^{-10}$ [F]となり、

【0106】

◆【数16】

*【0108】

*【数17】

※【0111】インダクタンス $L_G=0.02\mu$ Hのとき、（10）式の右辺は、約0.63 $\times 10^{-10}$ [F]となり、

【0112】

【数18】

$$C = 2.8 \times 10^{-10} > 0.63 \times 10^{-10} \dots\dots (18)$$

【0113】より、確かに、(6)式、(10)式を満たしている。このとき、(11)式より、

$$f_0 \approx 21.3 \text{ [MHz]} < 100 \text{ [MHz]} = f \dots\dots (19)$$

【0115】となり、1次の並列共振周波数 f_0 は励起高周波の周波数 $f = 100 \text{ MHz}$ より低くなっていて、プラズマ発生空間30でのプラズマの生成が可能である。

【0116】(d)また、インダクタンス $L_G = 0.0 \mu\text{H}$

$$C = 2.8 \times 10^{-10} > 0.13 \times 10^{-10} \dots\dots (20)$$

【0118】より、確かに、(10)式を満たしている。このとき、(11)式より、

$$f_0 \approx 13.5 \text{ [MHz]} < 100 \text{ [MHz]} = f \dots\dots (21)$$

【0120】となり、並列共振周波数 f_0 は励起高周波の周波数 $f = 100 \text{ MHz}$ より低くなっていて、プラズマ発生空間30でのプラズマの生成が可能である。

【0121】実際に周波数可変の高周波電力発生源4から高周波電力を装置内に導入すると、プラズマ発生空間30でのプラズマの生成は周波数27~100 MHzで可能であった。30~300 MHzがVHF帯であり、30 MHz以下の27~30 MHzはRF帯になる。

【0122】なお、インピーダンス調整用素子10の容量 C_c の値を適当に設定すれば、1次の並列共振周波数 f_0 をRF帯(10 MHz近辺)まで容易に設定することが可能になる。

【0123】このように本実施の形態2のプラズマCVD装置によれば、1次の並列共振周波数 f_0 を励起高周波の周波数帯より低周波側に容易に設定できるので、RF帯からVHF帯に至るすべての領域の高周波を励起可能にすることができる。

【0124】以上のように、本実施の形態2のプラズマCVD装置においても上記実施の形態1の場合と同様の効果を奏することができる。なお、もっとも、RF帯で使用するときは、高速成膜・高速エッチングの効果はあまり期待できない。

【0125】なお、本実施の形態2では、コンデンサによってインピーダンス調整用素子10(静電容量 C_c)を構成しているが、コンデンサ以外にも並列共振周波数の制御は可能である。

【0126】例えば、高周波励起用電極(カソード電極)1と反応室底壁6bとの間に誘電体を挿入することによっても達成できる。すなわち、この場合も高周波としてはインピーダンス調整用素子10(静電容量 C_c)を挿入することと等価であるからである。この場合の誘電体のインダクタンスは、等価的に、 $L_c = 1/C_c$ となる。この変形の実施の形態によれば、高周波励起用電

*【0114】

*【数19】

※5 μH のとき、(10)式の右辺は、約 $0.13 \times 10^{-10} \text{ [F]}$ となり、

【0117】

10 【数20】

★【0119】

★【数21】

☆極(カソード電極)1の周囲にコンデンサの挿入可能な空間が存在しない場合に特に有効である。誘電体の方がコンデンサよりも挿入しやすいからである。

【0127】また、上記の説明では本発明に係る電子デバイス製造装置をプラズマCVD装置に適用する場合について説明したが、プラズマ粒子およびプラズマ励起による活性種が膜をエッチングするプラズマドライエッチング装置についても適用でき、上記同様の効果を奏することができる。

【0128】また、上記の実施の形態2においても、実施の形態1でのなお書きのように、上方に位置する電極2を高周波電力発生源4に接続し、下方に位置する電極1を接地電位に接続してもよい。

【0129】(実施の形態3)図4は本発明の実施の形態3に係る電子デバイス製造装置の概略構成を示す断面図である。本実施の形態3の電子デバイス製造装置もプラズマCVD装置に適用したものであり、上記実施の形態1, 2とは、以下の点のみが異なっている。

【0130】すなわち、実施の形態1, 2では対向電極(アノード電極)2は反応室側壁6aに電気的に接地されており、その電位はグラウンドレベルとなっているが、本実施の形態3では、図4に示すように、高周波励起用電極(カソード電極)1と対向電極(アノード電極)2との間に厚さ50 mm、比誘電率3.0 [non dimension]の誘電体11(点線のハッチング参照)を挿入して対向電極(アノード電極)2を高周波励起用電極(カソード電極)1に対して固定しているため、接地されていない。なお、実施の形態1, 2と共通する部分については、同一の符号を付し、具体的な説明については省略する。

【0131】本実施の形態3では、高周波励起用電極(カソード電極)1と対向電極(アノード電極)2との間に空間が存在しないため、プラズマ生成の効率(プラ

ズマに消費される電力；高周波電力発生源4から導入される高周波電力）は低下するものの、1次の並列共振周波数 f_0 以下の周波数でもプラズマ発生空間30でのプラズマ生成が可能となる。実際に周波数可変の高周波電力発生源4から高周波電力を装置内に導入すると、プラズマ発生空間30でのプラズマの生成は周波数10～100MHzで可能であった。

【0132】したがって、本実施の形態3のプラズマCVD装置においては、1次の並列共振周波数 f_0 以下の励起高周波の周波数帯でも上記実施の形態1の場合と同様の効果を奏することができる。

【0133】なお、高周波励起用電極（カソード電極）1と対向電極（アノード電極）2との間の電極間空間3は誘電体11で満たされているため、この電極間空間3は存在せず（中実である）、したがって、この電極間空間3に基板40を挿入することはできないが、その位置に基板40を挿入する必要はなく、対向電極（アノード電極）2と反応室天井壁6cとの間のプラズマ発生空間30に基板40を挿入すればよいのである。

【0134】なお、対向電極（実施の形態では上方のアノード電極）2を誘電体11を介して固定するに当たっては、高周波励起用電極（カソード電極）1に対して固定することに代えて、反応室6の壁面に対して誘電体11を介して対向電極（アノード電極）2を固定してもよい。

【0135】また、上記の説明では本発明に係る電子デバイス製造装置をプラズマCVD装置に適用する場合について説明したが、プラズマ粒子およびプラズマ励起による活性種が膜をエッチングするプラズマドライエッチング装置についても適用でき、上記同様の効果を奏することができる。

【0136】また、上記の実施の形態2においても、実施の形態1でのなお書きのように、上方に位置する電極2を高周波電力発生源4に接続し、下方に位置する電極1を接地電位に接続してもよい。

【0137】なお、上記いずれの実施の形態においても、高周波励起用電極（カソード電極）1と対向電極（実施の形態では上方のアノード電極）2との対を複数対、同一の反応室6内に配置する構成をとってもよい。

【0138】また、上記いずれの実施の形態においても、考えの対象となっている浮遊容量 C_f は、高周波励起用電極（カソード電極）1が反応室6の壁面または接地電位にある部位に対してもつ浮遊容量としてとらえるほか、高周波励起用電極（カソード電極）1と直流的に同電位にある部位が反応室6の壁面または接地電位にある部位に対してもつ浮遊容量としてとらえてもよい。

【0139】また、上記いずれの実施の形態においても、インピーダンス調整用容量10は、高周波励起用電極（カソード電極）1の励起高周波の周波数において等価的に存在する前記浮遊容量 C_f に対して、この周波数

において等価的に並列とみなせる部位に挿入しも同じことである。

【0140】

【発明の効果】本発明に係る電子デバイス製造装置によれば、次の効果を奏する。

【0141】並列共振周波数以上の励起高周波の周波数を使用できるので、RF帯からVHF帯にわたる広い周波数範囲において、電極寸法が比較的大きな（例えば1m角前後の）平行平板型大型装置でのプラズマ生成が可能になる。したがって、太陽電池、液晶表示素子等のジャイアントマイクロエレクトロニクス分野での励起高周波電磁界の高周波化、成膜基板の大面積化を可能とし、工業的にその品質向上に寄与するところが大い。また、その製造効率を飛躍的に向上できる。

【0142】また、高速成膜・高速エッチング条件下でありながら、プラズマ中のイオン種による膜あるいは基板の損傷いわゆるプラズマダメージを低く抑えることができ、電子デバイスの品質を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る電子デバイス製造装置をプラズマCVD装置として実施した場合の概略断面図である。

【図2】実施の形態1のプラズマCVD装置における高周波励起用電極（カソード電極）から対向電極（アノード電極）までの間のインピーダンスの大きさ $|Z|$ の周波数依存性を示すグラフである。

【図3】本発明の実施の形態2に係る電子デバイス製造装置をプラズマCVD装置として実施した場合の概略断面図である。

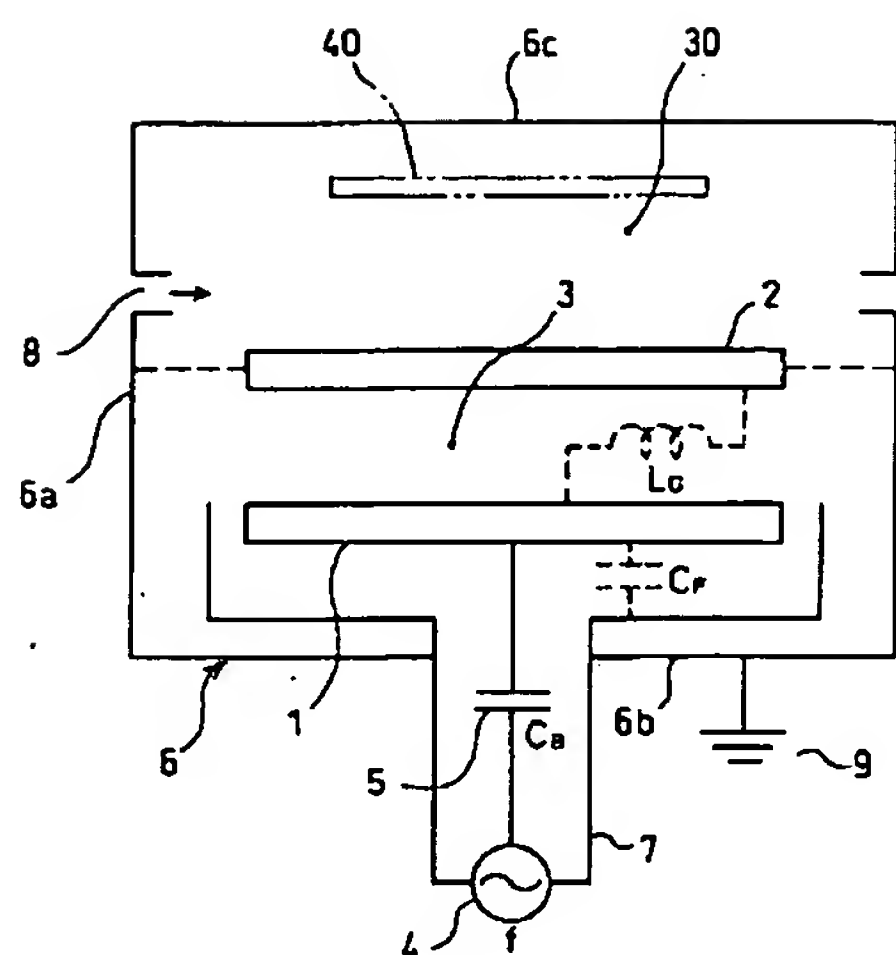
【図4】本発明の実施の形態3に係る電子デバイス製造装置をプラズマCVD装置として実施した場合の概略断面図である。

【図5】従来の技術に係る電子デバイス製造装置をプラズマCVD装置として実施した場合の概略断面図である。

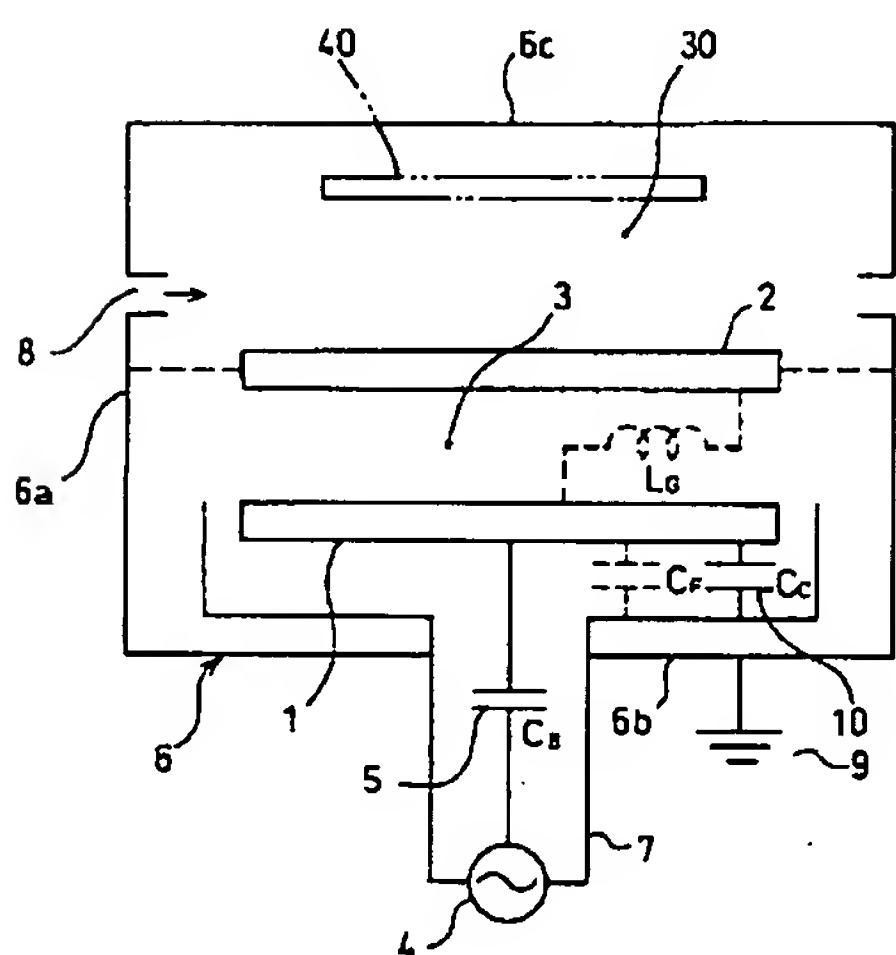
【符号の説明】

- 1……高周波励起用電極（カソード電極）
- 2……対向電極（アノード電極）
- 3……電極間空間
- 4……高周波電力発生源
- 5……直流遮断用容量素子
- 6……反応室
- 6a…反応室側壁
- 6b…反応室底壁
- 6c…反応室天井壁（反応室対向壁面）
- 7……ケーシング
- 8……ガス導入口
- 9……グランド
- 10……コンデンサからなるインピーダンス調整用素子
- 11……誘電体からなる対向電極（アノード電極）固定

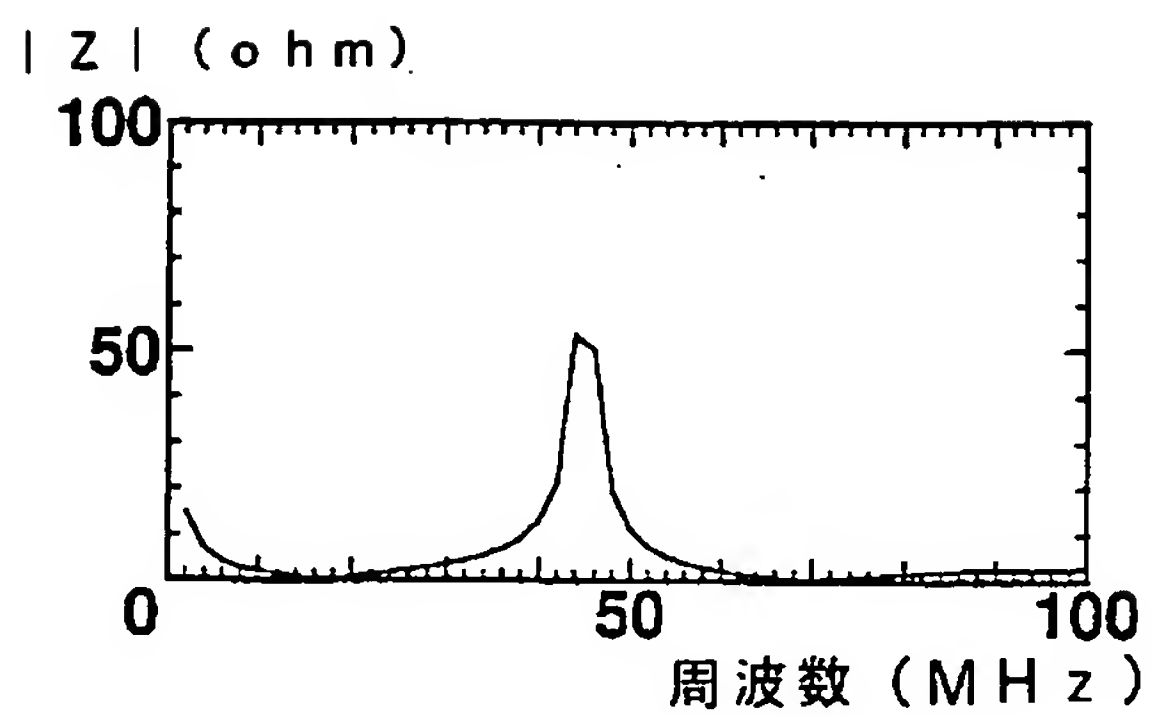
【図 1】



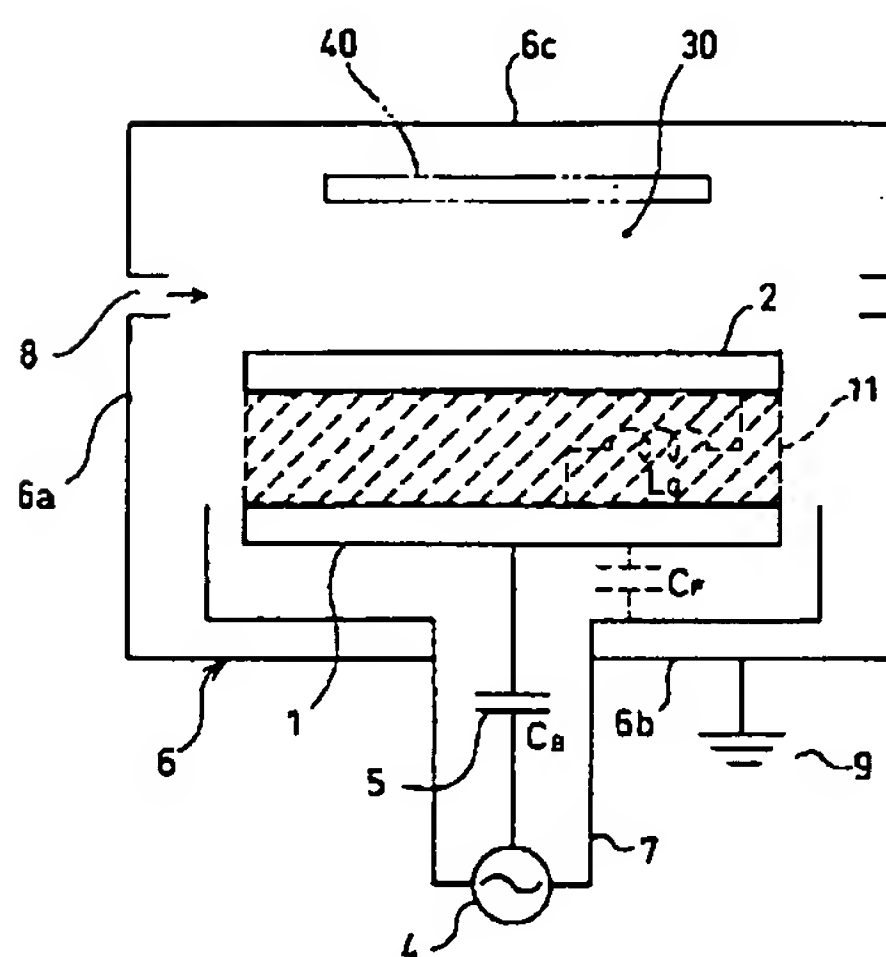
【図3】



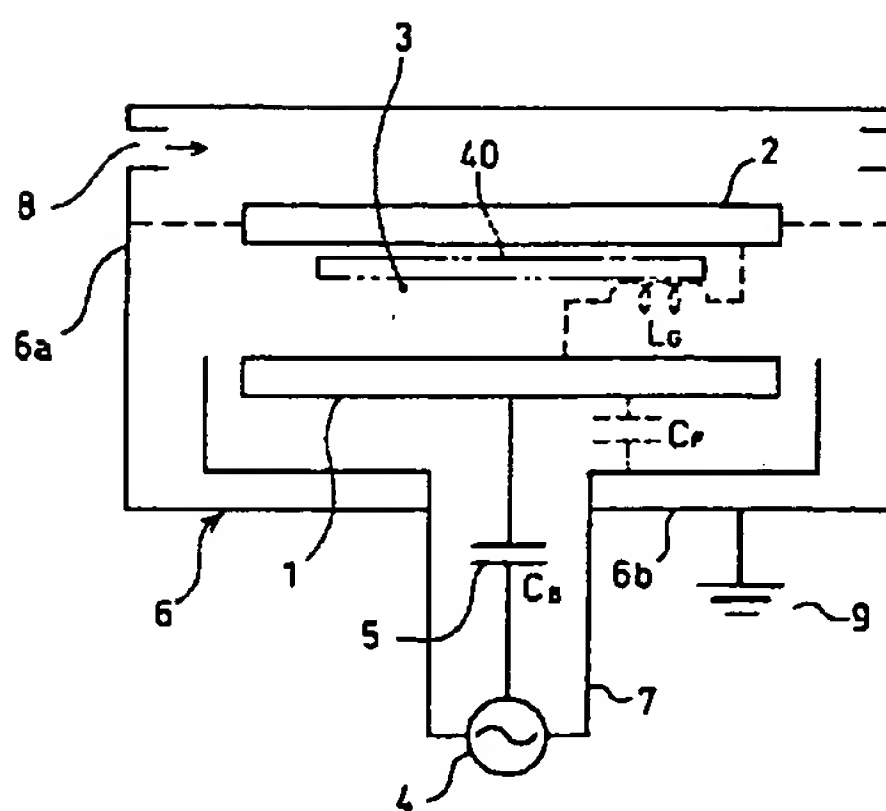
【図2】



【図4】



【図5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.